# 作物遺傳資源的保存及其利用
## －概念與應用－

鄭崇成、黃永光
亞洲蔬菜研究發展中心

## 前　　言

『地球是目前人類所知的宇宙中，唯一能維持生命存在的地方，然而隨著人口的膨脹與須用的增加，人類對於這個行星的需索愈來愈大，而在此同時却因人類的行爲而使這個行星對生命的供給能力日減，由大多數貧窮者爲求生存的努力以及少數富裕而消耗了世界上大部分資源者，二者所結合的一個毀滅性的衝擊，正在逐漸損壞全體人類所賴以生存並昌盛的這一切財寶。』以上是國際自然保育聯盟在1980年的『世界保育計畫』中所提出的觀點，而植物遺傳資源的保存，正在這項挽救此危機之重要而迫切的工作上扮演了一個不可或缺的角色。

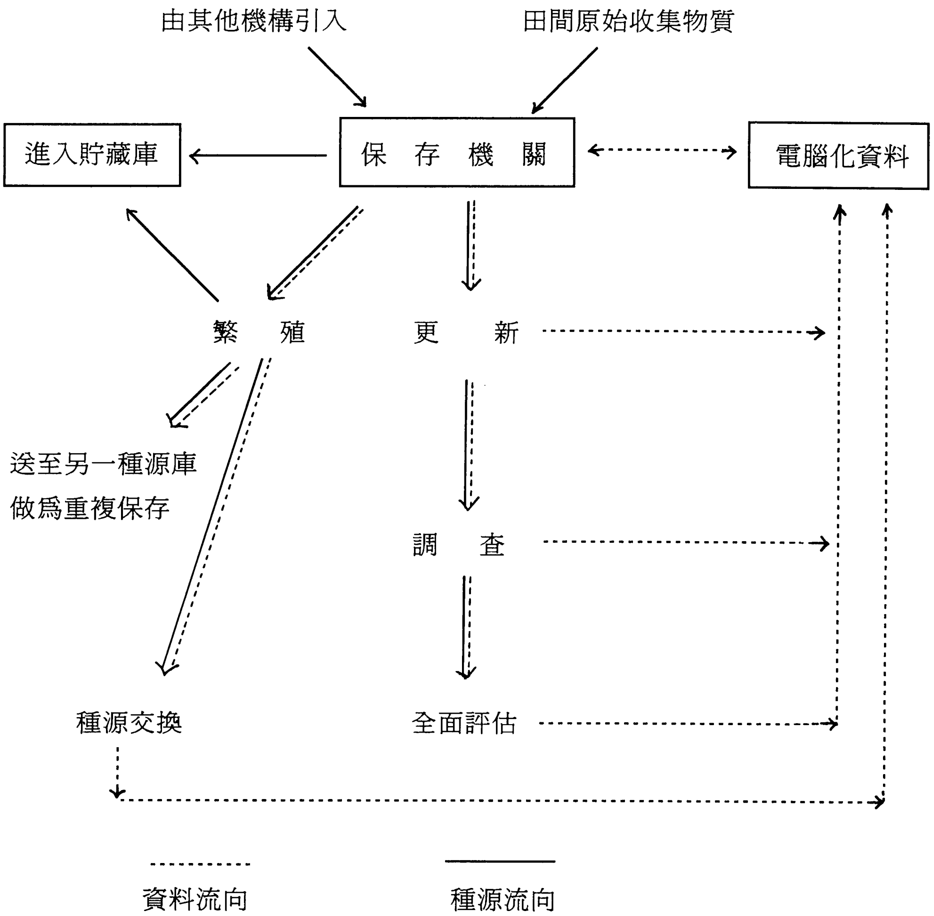
作物遺傳資源意指一個作物的所有品種所含有的一切遺傳物質，這裡面包涵了土生品種，因變異而具有特殊遺傳性狀的特定品種，作物的野生近緣種，流行好的或不好的栽培種，爲特殊目的育成的育成品種，過時的品種(如已不再被採用的品種)，一代雜交種等等。這些材料均能成爲作物改良的基礎。

不幸的是，就在過去的數十年間，在田野中上述許多有價值的種源，因爲下列原因喪失了：改良的栽培種的引入取代了產量較差的本地種；農業與都市的擴展如房屋與灌溉設施的建立，可能改變了自然的環境，如旱地或沼澤地等，以致剝奪了適應這些地方的植物種類之生存空間，這種情形下的遺傳物質的流失稱爲『遺傳侵蝕』，改良品種的引入不僅是由於其遺傳來源的狹小而製造了『遺傳弱點』，同時也是以很强烈的方式取代並消滅了其他較不受重視的作物，諷刺的是許多農業研究機構正以他們所改良合成的品種促成其他作物之多樣性的毀滅。因此目前最緊急的事就是必須去保存作物多樣性的完整。

植物遺傳資源的保存是一件極爲繁瑣的計畫，包含了探勘與收集，繁殖與保存，調查與評估，建檔以及最後的種源利用。這些不同事情的相互關聯以及其進行流程可以參見圖一。而各方面不同的知識在此被結合起來運作，舉例而言：植物種源的探勘與收集就要用上植物學、分類學、種的遺傳學知識，在採樣上須運用統計學以擬定採集計畫，而對於目標區之地理學及人種學上的了解能幫助行程的安排及人手的運用，最後還要爲所收集的變異定出其相異點的區別標準；至種子的繁殖工作上，則需要有關作物管理的常識以及該作物的育種方式才能繁殖出高品質的種子，而保存上則要明白種子生理學、組織培養技術以及冷凍保存技術以期能延長種源生命；調查工作則要求在植物分類學、生態學、解剖學、細胞學上有足夠的常識背景，另外化學分析技術如紅外

線光譜分析、電泳、染色體學等也會應用在此項工作上。由於種源最後必須被應用，所以育種的理論及方法也就是當然必須有的；生物技術則可以被用上基因轉移、鑑定重複以及研究品種間的血緣關係上。因此可以說植物遺傳資源的保存是一件與群策群力的工作，而每個工作成員在他自已崗位上的知識必須十分專精，並且對其他科目也要有大略的了解。

圖一、種源庫在處理種源上的一般程序




目前世界上主導植物種源保存的機構是 1974年由於國際農業研究諮商組織（CGIAR）所籌設之國際植物遺傳資源委員會(IBPGR），此委員會的宗旨是『藉著支援並籌設全球性植物遺傳資源的收集及保存工作網，贊助並進行有關之研究以提升世界人類的生活水準』。此委員會訂定了種源探勘、保存、調查、評估與建檔的標準、方法及進行手段。IBPGR 的使命大致如下：

(1) 發展全球性植物遺傳資源中心工作網。

(2) 挽救種源免於喪失或侵蝕，並填補目前收集種源之遺漏，尤其是地方性及野生種。

(3) 建立調查及評估的標準，以使這二項工作更方便，並促進其交流。

(4) 藉由訓練來提升種源庫的理論、技術及管理等各層面人員的素質。
(5) 對不易以一般種子保存的特別作物則發展組織培養技術以收集、保存、並能互相交換。
(6) 對作物的遺傳背景、起源、演化及變異等增加了解。
(7) 建立並實施種子貯存的標準以期能完善的保存種源。

## 作物的多樣性

同一作物的多樣化是由下列五種因子交互作用的演化結果，即突變、基因轉移、重組、篩選以及遺傳物質流失。前三個因子可以增加變化，而後二個則爲固定或消去其變異性。

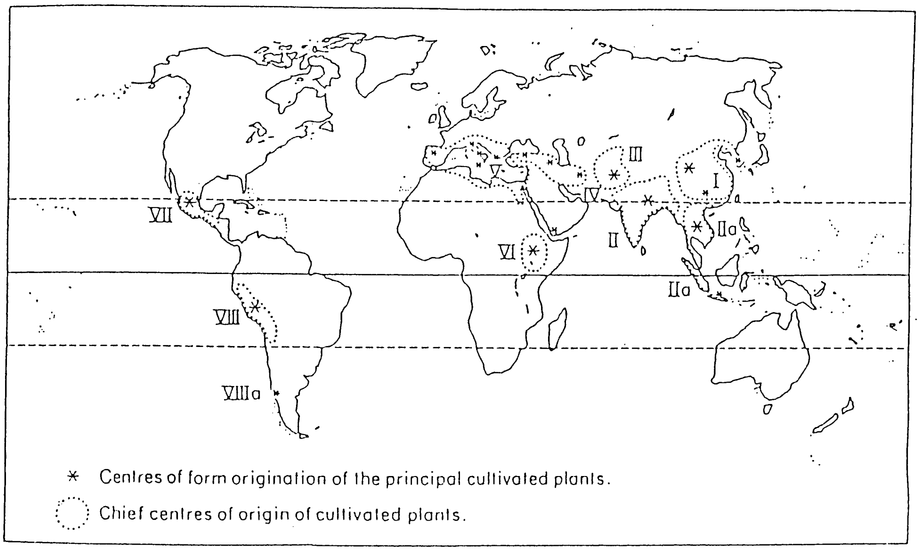
突變在一般情形下發生的機率爲 $10^{-3}$到$10^{-6}$ ；基因的轉移則可以將近緣種或同種不同族群的特點集中造成新雜交種；基因的重組則可使有利生存的組合活下來並固定，而淘汰不良的組合。

植物在被栽培之前及之中的演化情形的知識對能成功保存遺傳資源上是很重要的，因爲作物之野生近緣種才能被確認而加以保存，而此工作可避免一般育種者以改良作物眼光所做的淘汰。

馴化的作物中某些特性如不易裂莢的基因，由於其增加了在收獲中所佔之比例而造成了明顯或不明顯的淘選作用。不僅如此，人類也會爲了實際或觀賞的緣故挑選出獨特的植株加以繁殖，在此同時自然界的淘選力量則減少了，因爲種植可以使一些原本在自然界中無法生存的植株活下來，以上的因子在在都造成了作物的多樣性。尤其是在生態上的差異，如不同樣的果實、莖蔓、根等。更詳細的情況請參加 Simon 的書。

根據 Vavilov 在1926年提出植物多樣化的地理分佈，在全世界共有八個最重要的地區，他稱之爲『多樣化中心』(見圖二) 這些中心的相關作物則請參見表一；此八中心均位於南北緯 20° 到 45° 之間，而這些地區同時也是在 7,000到13,000年前開始成爲『農業搖籃』。

圖二、 Vavilov 的世界栽培植物發源中心



Vavilov對『發源中心』的概念帶動了後來研究植物分佈的工作，不同的觀點紛紛提出。如今所公認的世界植物種類發源核心以及其外圍之分佈中心則請參見表二。

Vavilov也觀察到這些發源中心顯性基因十分突出，到了中心的外圍隱性基因開始增加了，而變異也逐漸漸少，那是由於自交，基因流失及地理分隔所致，在某些情形下，當環境漸漸不適合原來的主要作物時，隨伴之『野草型』植物或次要作物會變成主要作物，而原來的主要作物則變成野草形式，如大麥、小麥、燕麥等。 同時經由他的研究 Vavilov 也發表了『同化演進』之假說。即在同一地理區內的，不相關作物會有相似之特徵。亦即如果某一特性在某種植物上被發現，似乎可期待同樣的特性也可以在同一區內不相干的另外種類上找到。

表一、Vavilov的八個世界栽培植物發源分佈中心及其相關作物

**1. THE CHINESE CENTRE**

*Avena Nuda*, Naked oat (secondary centre of origin)
*Glycine max*, Soybean
*Phaseolus angularis*, Adzuki bean
*Phaseolus vulgaris*, Bean (recessive form : secondary centre)
*Phyllostachys* spp., Small bamboos
*Brassica juncea*, Leaf mustard (secondary centre of origin)
*Prunus armeniaca*, Apricot
*Prunus persica*, Peach
*Citrus sinensis*, Orange
*Sesamum indicum*, Sesame (endemic group of dwarf varieties; secondary centre)
*Camellia* (Thea) *sinensis*, China tea

**2. THE INDIAN CENTRE**

*Oryza sativa*, Rice
*Eleusine coracana*, Finger millet
*Cicer arietinum*, Chickpea
*Phaseolus aconitifolius*, Math bean
*Phaseolus calcaratus*, Rice bean
*Dolichos biflorus*, Horse gram
*Vigna sinensis*, Asparagus bean
*Solanum melongena*, Eggplant
*Raphanus caudatus*, Rat's tail radish
*Colocasia antiquorum*, Taro yam
*Cucumis sativus*, Cucumber
*Gossypium arboreum*, Tree cotton, 2x
*Corchorus olitorius*, Jute
*Piper nigrum*, Pepper
*Indigofera tinctoria*, Indigo.

**2a. THE INDO-MALAYAN CENTRE**

*Dioscorea* spp., Yam
*Citrus maxima*, Pomelo
*Musa* spp., Banana
*Cocos nucifera*, Coconut

**3. THE CENTRAL ASIATIC CENTRE**

*Triticum aestivum*, Bread wheat
*Triticum compactum*, Club wheat
*T. sphaerococcum*, Shot wheat
*Secale cereale*, Rye (secondary centre)
*Pisum sativum*, Pea
*Lens culinaris*, Lentil
*Cicer arietinum*, Chickpea
*Sesamum indicum*, Sesame (one of the centres of origin)
*Linum usitatissimum*, Flax (one of the centres of origin)
*Carthamus tinctorius*, Safflower (one of the centres of origin)
*Daucus carota*, Carrot (basic centre of Asiatic varieties)
*Raphanus sativus*, Radish (one of the centres of origin)
*Pyrus communis*, Pear
*Malus pumila*, Apple
*Juglans regia* , Walnut

**4. THE NEAR EASTERN CENTRE**

*Triticum monococcum*, Einkorn wheat
*Triticum durum*, Durum wheat
*Triticum turgidum*, Poulard wheat

*Triticum aestivum*, Bread wheat (endemic awnless group; one of the centres of origin)
*Hordeum vulgare*, Endemic groups of cultivated two-rowed barleys
*Secale cereale*, Rye
*Avena byzantina*, Red oat
*Cicer arietinum*, Chickpea (secondary centre)
*Lens culinaris*, Lentil (a large endemic group of varieties)
*Pisum sativum*, Pea (a large endemic group; secondary centre)
*Medicago sativa*, Blue alfalfa
*Sesamum indicum*. Sesame (a separate geographic group)
*Linum usitatissimum*, Flaw (many endemic varieties)
*Cucumis melo*, Melon
*Prunus amvodalus*, Almond
*Ficus carica*, Fig
*Punica granatum*, Pomegranate
*Vitis vinifera*, Grape
*Prunus armeniaca*, Apricot (one of centres of origin)
*Pistacia vera*, Pistacthio (one of the centres)

## 5. THE MEDITERRANEAN CENTRE

*Triticum durum*, Durum wheat
*Avena strigosa*, Hulled oats
*Vivia faba*, Broad bean
*Brassica oleracea*, Cabbage
*Olea europea*, Olive
*Lactuca sativa*, Lettuce

## 6. THE ABYSSINIAN CENTRE

*Triticum durum*, Durum wheat (an amazing wealth of forms)
*Triticum turgidum*, Poulard wheat (an exceptional wealth of forms)
*Triticum dicoccum*, Emmer
*Hordeum vulgare*, Barley (an exceptional diversity of forms)
*Cicer arietinum*, Chickpea (a centre)
*Lens culinaris*, Lentil (a centre)
*Eragrostis tef*, Teff
*Eleusine coracana*, Finger millet
*Pisum sativum*, Pea (one of the centres)
*Linum usitatissimum*, Flax (a centre)
*Sesamum indicum*, Sesame (basic centre)
*Ricinus communis*, Castor bean (a centre)
*Coffea arabica*, Coffee

## 7. THE SOUTH MEXICAN AND CENTRAL AMERICAN CENTRE

*Zea mays*, Corn
*Phaseolus vulgaris*, Common bean
*Capsicum annuum*, Pepper
*Gossypium hirsutum*, Upland cotton
*Agave sisalana*, Sisal hemp
*Cucurbita* spp., Squash, Pumpkin, Gourd

## 8. SOUTH AMERICAN (PERUVIAN-ECUADOREAN-BOLIVIAN) CENTRE

*Ipomoea batatas*, Sweet potato
*Solanum tuberosum*, Potato
*Phaseolus lunatus*, Lima bean
*Lycopersicon esculentum*, Tomato
*Gossypium barbadense*, Sea island cotton (4x)
*Carica papaya*, Papaya
*Nicotiana tabacum*, Tobacco

## 8a. THE CHILDE CENTRE

*Solanum tuberosum*, Potato

## 8b. BRAZILIAN-PARAGUAYAN CENTRE

*Manihot esculenta*, Manioc
*Arachis hypogaea*, Peanut
*Theobroma cacao*, Cacao (secondary centre)
*Hevea brasiliensis*, Rubber tree
*Ananas comosa*, Pineapple
*Passiflora edulis*, Purple granadilla

表二、 支配性植物的來源核心、分佈地區及外圍中心

| Nuclear centres | Regions of diversity | Outlying minor centres |
|---|---|---|
| A Northern China | Ⅰ China<br>Ⅱ India<br>Ⅲ Southesat Asia | 1 Japan<br>2 New Guinea<br>3 Solom Islands. Fiji, and South Pacific |
| B The Near East | Ⅳ Central Asia<br>Ⅴ The Near East<br>Ⅵ The Mediterranean<br>Ⅶ Ethiopia<br>Ⅷ West Africa | 4 Northwestern Europe |
| C Southern Mexico | Ⅸ Meso-America | 5 United States, Canada<br>6 The Caribbean |
| D Central to Southern Peru | Ⅹ Northern Andes (Venezuela to Bolivia) | 7 Southern Chile<br>8 Brazil |

## 探勘與收集

種源的收集可以數種方式配合進行：通過交換及贈送或是去探勘並採集；最重要的當屬後者，即原始遺傳物質的收集。

種源收集的目標可以是特定的一個種，特定的性狀，也可以是種群，決定了收集的種後，就要決定採樣方法，而這要依所收集的種而不同，有異於傳統的分類學家的是種源保存者爲能收得此作物的最大遺傳分佈會採集各樣的標本，一個由 Marshall與 Brown 在1975年所設定的採集方式可以收集到 95%以上存在頻率高於 5% 的基因，然而要精確的計算所收集的基因數，在實際上很困難的，除非所收集之族群只有很少的幾株，而能在每一株上採樣。對於一個作物在地理學及物種學上的分佈、整個基因庫的結構與分佈，以及目標區微環境的了解亦十分重要。因爲這可避免在擬定收集計畫時忽略掉一些重要因素，但對於收集目標種的族群、結構經常是不了解的，此時做次行前調查將能免去再一次的重複收集。大多數植物會因常年被地形隔絕，如山谷之間互不相通，而產生相互的差異，而且甚至同一族群內往往有很大的差異存在。農業環境與耕作制度在作物差異的分割上扮演很重要的角色。收集計畫可橫跨許多不同的溫度、降雨量、生長季節、光照度、日長等地區，而這可以收集到同一種植物的許多不同表現形。不同的地形與土壤也會導致植物的差異，所以有等高線而比例爲百萬分之一的地形圖以及道路圖在擬定收集路線時將很有用，而如要更詳細的規劃主要路線旁的支線，則要應用到土壤、氣象、植物相等地圖。

如何選擇探勘及收集的地區呢? 下列數點爲考慮的要項：

(1) 在保存遺傳物質立場上，各作物的優先次序。

(2) 在保存遺傳物質目的下，各地區的優先次序。

(3) 遺傳變異量之預期。

(4) 以前收集、保存的記錄。

(5) 目的區的可接近深入程度。

如果我們期望能收集到更多的變異，即使以前曾經收集過，也可以再做一次的收集，因爲收集或有遺漏，尤其是較難進入行動的地區裡，往往有一些野生種未曾被涵蓋進去。而所收集的種源，也會在保存中發生基因侵蝕，這樣再次的收集就有必要了。

爲了使工作能更有效率 ，一支採集隊大約以 2 到 3 人組成，且至少要包括一位對於該作物及其野生近緣種和農業都十分熟悉的人，另要一位當地人且了解該作物並熟知當地地形、語言與其栽培方式，還要一個司機嚮導。對於該作物在當地的自然環境下的習性，病蟲害的了解，可以對鑑定一些很有用的資料有個準備。收集行動之前也有必要知會當地政府以免不必要的麻煩，而種子的運送清理也要事先安排好，這包括了出口許可、檢疫以及其他紙上作業，在某些國家的某些地區在進入以前還得申請警方的許可，運送和預定的種源庫也得聯絡好，往往不能適當的送達種源庫而使一些辛苦收集的樣品喪失掉，而所有收集的樣品也得在所在國國家內有另一份的保存。收集之後就保存、評估及利用的關係上要和來源國家保存聯繫。這樣才能有足夠的資料認識那需要進一步收集的地區並得到更多的合作。

要選擇適當的時機進行採集工作，並且考慮以下事項：在可以收集的時間內收集到最多的變異，在植物成熟時期進行採集，同一地區可在許多不同的地點收集，就當地不同的土壤、氣候、海拔、耕作制度等進行不同的收集。在田地的周圍收集一些野生植株並收集野生近緣種，但是由於季節的不同，通常在一年內可進行二個不同季節的收集。

採集行動要有下列裝備：

(1) 收集裝備：採樣、記錄、裝運等工具。

(2) 科學儀器：測方向、海拔、酸鹼及處理樣品之工具。

(3) 交通工具：適合地形之機動車輛、維修工具‧‧‧‧等。

(4) 露營設備：炊具、寢具等。

(5) 適合當地的衣物。

(6) 各類藥品：驅虫、胃腸、蛇毒等。

以上裝備之詳細內容與其用途均能在 Hawkes 的書中找到詳盡的描述。

## 收 集 地 區

收集工作通常在下面四種地方進行(1)農民田裡(2)家庭果、菜園(3)農家貯藏室(4)野外生長地；大多數的情況下是以農田爲主要目標，因爲在田裡可以立即觀察到生態、生理性狀、並依其變異性採樣，不僅如此，農田也許是唯一能順利執行採樣計畫又能記錄田地與植物狀況的地方。

採集的方針是根據植物的種、族群間基因的異同，以及採集地的地理狀況而定，如果不能得到足夠的參考資料，通常可採用『粗略網狀採樣法』(即全區以逢機方式，固定間隔採樣)，而採樣的頻度則依照目標區之環境的變化而定。當氣候、土壤形態、植物相、耕作地、作物及海拔都很一致時，可以設定每隔20～25公里爲一採集點，而如果以上因子的變化很大的話，尤其是海拔

的變化，那採集點的間隔可以小於一公里，甚至每100公尺海拔的變化就要做一次採樣。

在粗略網狀採集後，可以計畫進一步較詳細的採集，尤其是發現有較大變異的地方可以做再次的採集，而這二個階段的採集最好分在二個季節進行，這樣可以採集到生長在不同季節的族群樣品，而在每一採集點要以逢機的方式採取繁殖體如果實、根莖等。採集點的大小可由 5X5公尺到 50X50 公尺，這得取決於族群的大小及植株的密度， 一般言每個採集點所採的樣品編成一號，但是若有任何可以明顯區別的特殊個體，得分開另行採集。採到樣品之後，有關種子的萃取及清潔工作，可以於夜間在帳篷內或旅館中進行。

在探勘、採集中，收集工作的乏味以及在同一採集區沒能有足夠時間停留往往是田間採集工作上的問題；因此由農家的貯藏室、小店、或當地市場收集也是十分重要的，而且該個種源的一些必要資料如名稱、用途、種植季等也能從擁有者更多、更詳盡的得到；在農家貯藏室中收集的另一個好處就是能把該農民所有的品種一次收集完成；收集中必然會有品種混雜的情況，但仍得收集，純化工作可以在種源庫另外進行。

就園藝作物而言，在家庭的果、菜園中收集，可能較之在他處收集更能得到較多的變異，說不定會上百，而且『遺傳侵蝕』較少。在某些國家中，以上的地點也許是唯一值得去收集的，因爲大多數經濟作物在較大規模的栽培中，均只有很齊一而極少變異的改良品種。

採集根或莖的工作更是困難，因爲得花時間去挖掘地下部，成熟的時間也很短暫、運輸上也有問題，更難保持其活力，而營養繁殖習性之相異也使採樣發生問題。如果找不到成熟的地下部的話，得剪取地上的莖葉等，而問題在於如何使剪下的部分活下去。目前正嘗試以組織培養技術來解決問題。

在收集的時候，種源本身以及田野的情況資料都要記在收集表上，這些資料將會轉到負責貯存種源的種源庫之資料庫中，收集表有多種，圖三是亞蔬中心的形式。時間如果許可的話，植物標本可以收集以做爲分類之參考，而採集隊日誌也應該詳細的塡寫，以備在將來必須時可以做爲參考的資料，而對於重要的植株或採集地點也可以用照片或幻燈片拍照下來做爲記錄。

## 種源的保存

在植物遺傳資源工作上，保存是一項很花錢的事，採用的方法則取決於要保存的種及其族群狀態，以及保存的目的何在，大略而言，保存方法可分爲自然狀態下(in situ) 及非自然狀態下(ex situ)二種。

自然狀態保存，如同字面上所指，就是將要保存的一個種，找一個原產地保持其自然生長情況。此方法適用於一些目前比較沒有農業上重要性的植物，也就是一些半馴化或根本是野生的族群，如一些原始的蔬菜、果樹、林木以及牧草等，這些植物不必依靠人類來繁殖。通常一些自然保護區如國家公園、森林保護區等，都能容許多種植物的生態系統存留，但此方法至今尚未健全，只是很清楚能知道的是，如果要有更好的成效，必須在技術上、經濟上、及政治上同時努力。而我們知道生態地理系統的調查必須由優先順序、基因庫、地區、種等來做決定，而那是既費時又昂貴的。一個生物保護區的概念是：一個受嚴密保護的核心區外圍環以一道緩衝區，在緩衝區內可以大力提倡進行研究、旅遊、教學等活動，而此緩衝區外再繞以人類之墾殖地做爲次一級的緩衝，因此保護區是否能成功，取決於當地人民的作爲。要注意的是此方法不適用於已馴化之作

圖三、亞蔬中心種原收集記錄表

## AVRDC-BRBU COLLECTION RECORD SHEET

COLLECTING INSTITUTE ____________

COLLECTORS ____________

COLLECTION NO. ____________

DATE OF COLLECTION ____YR/____MO/____DD

COUNTRY ____________

DISTRICT/PROVINCE ____________

LOCATION OF COLLECTION SITE

- name of village: ____________
- nearest town: ____________
- distance (in km) : ____________
- direction: ____________

GROWER NAME ____________

LATITUDE OF SITE ____________

LONGITUDE OF SITE ____________

ALTITUDE OF SITE ____________ (m)

SITE TEMPERATURE: Max____Min____Avg____

SITE RAINFALL: Max____Min____Avg____

CROP COLLECTED ____________

GENUS ________ SPECIES ________

VARIETY/LOCAL NAME ____________

MEANING ____________

VARIETY NAME LANGUAGE ____________

USAGE (specify) ____________

____________

---

COLLECTION SOURCE:

1. farmland
2. backyard/home garden
3. farm store/threshing place
4. village market
5. commercial seed shop (name ________)
6. agricultural institute
7. bordering field
8. natural vegetation/wild
9. others (specify) ____________

GENETIC STATUS:

1. wild
2. weedy
3. primitive cultivar/landrace
4. improved OP cultivar
5. hybrid cultivar
6. others (specify) ____________

SAMPLE TYPE:

1. single plant
2. pure line/clone
3. mixture/population (clone/pureline)
4. open-pollinated
5. others (specify) ____________

SAMPLING METHOD:

1. random
2. non-random (specify) ____________

MATERIAL: 1 seed; 2 fruit; 3 pod;
4 others (specify) ________

CULTURAL PRACTICE:

- shifting: Yes; No
- terraced: Yes; No
- direct seeding: Yes; No
- transplanting: Yes; No
- intercropping: Yes; No
- intensive: Yes; No
- rotation crop: Yes; No
- irrigated: none; by hand; furrow; overhead; drip

HERBARIUM SPECIMEN: Yes; No

PHOTOGRAPH: Yes; No

SOWING MONTH: ____________

TRANSPLANT MONTH: ____________

HARVEST MONTH: ____________

TOPOGRAPHY:

1. swamp 2. flood plain
3. level plain 4. undulating
5. hilly 6. mountainous
7. others (specify) ____________

SITE:

1. level 2. slope
3. plateau 4. depression

SOIL TEXTURE:

1. sand 2. sandy loam
3. loam 4. clay loam
5. silt 6. clay
7. highly organic (peat/muck)
8. others (specify) ____________

DRAINAGE:

1. poor 2. moderate
3. good 4. excessive

SOIL COLOUR:

1. black 2. dark brown
3. light brown 4. grey
5. yellow 6. red
7. others (specify) ____________

STONINESS:

1. none 2. low
3. medium 4. rocky

DISEASES AND PESTS: ____________

____________

____________

____________

NOTES: (Associated wild, weedy and crop species, special plant characters and morphological variation, status of genetic erosion, other observations).

____________

____________

____________

____________

物，因為要規定農民不得以更有經濟價值的改良種去取代當地土種是不行的。

非自然狀態保存就是把植物保存在非其自然生育的狀態下，其與自然狀態保存的最基本不同處在於自然狀態保存容許族群在被保存中繼續演化，而非自然狀態保存則在找尋保存的種源族群中有無遺漏的基因，非自然狀態保存的植物可能是種子、全株植物、植物的一部分，種源庫中的組織培養或細胞培養、田間種源，而目前-196℃的液態氮超低溫保存技術正在嘗試發展中。

種子是最方便保存的植物體，其不僅體積小而且在乾燥、清潔、包裝上都很容易處理，然而這只是指一般『正統』的種子才能，也就是這類種子是能被乾燥到相當低的含水量，而且能在低溫環境下生存，而另外一種『非尋常』的種子就無法忍受含水量的降低。目前一般所謂的種源庫，大多數為貯藏庫形式，貯藏庫有長、中、短期三種，長期貯存是在收集保存『正統』的種子的基本貯藏。所謂基本貯藏是不用於分贈種子的，而是用來應付萬一流失品種的。國際植物遺傳資源委員會推荐的長期貯存條件是種子含水量為 5±1% (除了一些高含油種子為 7-8%)，貯存溫度則為 -18℃。種子要在除濕機控制下緩慢的乾燥(15℃及15% RH)，並且用鋁箔袋完全密封包裝起來，種子的活力則須定期檢查，並且在發芽率低於 85%時重新繁殖，在此條件下，有些種類可以保存一百年以上，國際植物遺傳資源委員會也推荐了保存量，為 3,000～4,000 粒種子。

中期保存在運作上通常為應用貯存，其貯藏條件不若長期者嚴苛，因此保存期限也就較短，種子可以由應用貯存提出來分贈需要的人，或拿來做調查、評估等工作，種子存放在不完全密封而可隨意開啓的容器中，保存於 2±3℃及40±5% RH (亦即可以保持種子含水量在6～8%)的環境中，這種作法是為能便利的拿取種子。

短期貯存只是為仍在處理中的種子做為臨時存放的地方，其溫濕度控制在15℃及40% RH左右，目地在減少昆虫的活動到最低。

非自然狀態保存的另一種形式為田間種源庫，這是將植物栽培於田裡的保存方式，這種方式適於保存生產『非尋常』種子的作物，以營養體繁殖的作物，性功能貧乏的作物，異質結合之樹木等等。植物園在這種田間種源上擔當了重要的功能，這提供了可以立即作研究利用的植物材料；但這需要相當大面積的土地，因此其花費比起以種子方式的保存又多了許多，而且這方式也更容易遭受包括生物或非生物性的災害。

人工環境保存(in vitro)是將植物保存在組織培養中，通常是採用取生長點繁殖的方式，因為這比較穩定，也就是說比較少突變，組織培養通常是用來補償田間種源無法做到的事；在緩慢生長控制下，集合了大量的栽培種於一處，尤其能消除病毒，而且組織培養中的無病毒苗較能通過國際間的植物檢疫合格標準。此一保存方式的主要顧慮為在長期『緩慢生長』狀態下植物遺傳物質的穩定性。目前有關這方面的知識仍很缺乏，尚待進一步的研究。

植物遺傳資源保存的最終解決方式可能會是利用超低溫冷凍保存，亦即將種子或組織培養中植物冷凍在極低的溫度下， 例如液態氮的 -196℃，在如此的低溫下，一切生物機能實際上已停止，而種源或許就因此被保存下來，運用此技術的主要問題在於冷凍前的處理以及解凍的程序，但至今尚無安全且可以遵循的規則或方法，可以用在植物組織上。

國際植物遺傳資源委員會在許多國家中，地區間以及國際上建立了種源庫的『全球工作網』，主要的工作在於分配每個種源庫做特定作物的基本貯藏，而且另外放一套在另一個地方以保安全，『全球工作網』的情況列於表三。

表三、種子作物全球基本貯藏工作網(IBPGR 1988)

| Crop | Species covered | Scope of collection | | | | | | Institute、 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Global | European | African | Asian | Regional | New World | |
| Cereals | Barley | v | | | | | | PGR,Ottawa,Canada |
| | | | v | | | | | NGB,und,Sweden |
| | | | | v | | | | PGRC/E,Addis Ababa,Ethiopia |
| | | | | | v | | | NIAR,Tsukuba,Japan |
| | | | | | | v | | ICARDA |
| | Maize | | | | | | v | NGPS,USA |
| | | | | | v | | | NIAR,Tsukuba,Japan |
| | | | | | v | | | TISTR,Bangkok,Thailand |
| | | | v | | | | | VIR,Leningrad,USSR |
| | | | | | | Mediterranean | | Portuguese Genebank, Braga Portugal |
| | Millets *Pennisetum* | v | | | | | | NPGS,USA |
| | *Pennisetum* | v | | | | | | PGR,Ottawa,Canada |
| | *Pennisetum* | v | | | | | | ICRISAT |
| | *Eleusine* | v | | | | | | PGRC/E,Addis Ababa,Ethiopia |
| | *Eleusine* | v | | | | | | ICRISAT |
| | Minor Indian millets | | | | | v | | NBPGR,New Delhi,India |
| | *Eragrostis* | v | | | | | | PGRC/E,Addis Ababa,Ethiopia |
| | *Panicum* miliaceum | v | | | | | | ICRISAT |
| | *Setaria italica* | v | | | | | | ICRISAT |
| | Oats | v | | | | | | PGR,Ottawa,Canada |
| | | v | | | | | | NGB,Lund,Sweden |
| | Rice *Oryza sativa-* | | | | | | | |
| | *indica* | v | | | | | | IRRI |
| | *javanica* | v | | | | | | IRRI |
| | *japonica* | v | | | | | | NIAR,Tsukuba,Japan |
| | | | | v | | | | IITA,Ibaden,Nigeria |
| | | | | | | v | | NPGS,USA |
| | Wild species | v | | | | | | IRRI |
| | Rye | v | | | | | | Polish Geneban, Radzikow |
| | | v | | | | | | NGB,Lund,Sweden |
| | Sorghum | v | | | | | | NPGS,USA |
| | | v | | | | | | ICRISAT |
| | Wheat Cultivated spp. | v | | | | | | VIR, Leningrad, USSR |
| | | v | | | | | | CNR,Bari,Italy |
| | | v | | | | | | NPGS,USA |
| | | | | | | v | | CAAS, Beijing |
| | Wild species (*Triticum and Asgilops*) | | | | | | | Plant Germplasm Institute,University of Kyoto,Japan |
| Food Legumes | Chickpea | v | | | | | | ICRISAT |
| | | v | | | | | | ICARDA |
| | Faba bean | v | | | | | | CNR,Bari,Italy |
| | Groundnut | v | | | | | | ICRISAT |
| | | | | | | South American | | INTA,Pergamino,Argentina |
| | Lentil | v | | | | | | ICARDA |

| Crop | Species covered | | Global | European | African | Asian | Regional | New World | Institute |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Lupin | | v | | | | | | ZIGuk, Gatersleben, GDR |
| | | | | v | | | | | INIA,Madrid,Spain |
| | Pea | | v | | | | | | NGB,Lund,Sweden |
| | | | | | | | Mediterranean | | CNR, Bari, Italy |
| | | | | | | | Central and East European | | Polish Genebank, Radzikow, Poland |
| | *Phaseolus* | Wild spp. | v | | | | | | Faculte des Sciences Agron.de l'Etat, Gembloux,Belgium |
| | | Cultivated spp. | v | | | | | | CIAT |
| | | Cultivated spp. | v | | | | | | NPGS,USA |
| | | | | v | | | | | FAL,Braunschweig, FRG |
| | Pigeonpea | | v | | | | | | ICRISAT |
| | Soyabean | | v | | | | | | NIAR, Tsukuba, Japan |
| | | | v | | | | | | NPGS,USA |
| | | Wild perennial | v | | | | | | CSIRO, Canberra, Australia |
| | *Vigna* | Wild spp. | v | | | | | | Faculte des Sciences Agron.de l'Etat, Gembloux,Gelgium |
| | | *V. radiata* | v | | | | | | IPB,Los Banos,Philippines |
| | | | v | | | | | | AVRDC, Taiwan, China |
| | | *V. unguiculata* | v | | | | | | IITA |
| | | | v | | | | | | NPGS, USA |
| | Winged bean | | v | | | | | | IPB, Los Banos, Philippines |
| | | | v | | | | | | TISTR,Bangkok,Thailand |
| Root Crops | Cassava(seed) | | v | | | | | | CIAT |
| | Potato(seed) | | v | | | | | | CIP |
| | Sweet potato(seed) | | v | | | | | | NPGS, USA |
| | | | | | | v | | | AVRDC, Taiwan, China |
| | | | v | | | | | | NIAR, Tsukuba, Japan |
| Veget-ables | *Alliua* | | v | | | | | | CGN,Wageningen,Netherlands |
| | | | v | | | | | | Institue of Horticulture,Wellesbourne,UK |
| | | | v | | | | | | NPGS,USA |
| | | | | | | | South and East European | | RCA,Tapioszele,Hungary |
| | | | | | | v | | | NIAR,Tsukuba,Japan |
| | *Amaranthus* | | v | | | | | | NPGS,USA |
| | | | | | | v | | | NBPBR, New Delhi, India |
| | *Capsicum* | | v | | | | | | CATIE,Turrialba,Costa Rica |
| | | | v | | | | | | CGN, Wageningen, Netherlands |
| | *Cruciferae Brassica* | | | | | | | | |
| | | *carinata* | v | | | | | | FAL,Braunschweig,FRG |
| | | *B.carinata* | v | | | | | | PGRC/E, Addis Ababa, Ethiopia |
| | | *B.oleracea* | v | | | | | | CAAS, Beijing, China |
| | | *B.oleracea* | v | | | | | | Institute of Horticulture,Wellesbourne,UK |
| | | *B.oleracea* | v | | | | | | CGN,Wageningen,Netherlands |
| | | *Raphanus* | v | | | | | | CAAS, Beijing, China |
| | | *Raphanus* | v | | | | | | Institute of Horticulture,Wellesbourne,UK |
| | | Wild spp. | v | | | | | | Universidad Politecnica,Madrid,Spain |
| | | | v | | | | | | Tohoku University,Sendai,Japan |

| Crop | Species covered | | Scope of collection | | | | | | Institute |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Glo-bal | Eur-opean | Afri-can | Asi-an | Regi-onal | New World | |
| | | Oilseeds and green manures: | | | | | | | |
| | | *B.campestris,* | | | | | | | |
| | | *B.juncea* | | | | | | | PGR,Ottawan,Canada |
| | | *B.napus,* | | | | | | | |
| | | *Sinapis alba* | v | | | | | | FAL, Braunschweig, FRG |
| | | Vegetables and fodders: | | | | | | | |
| | | *B.campestris,* | | | | | | | |
| | | *B.juncea,B.* | | | | | | | |
| | | *napus* | v | | | | | | Institute of Horticulture,Wellesbourne,UK |
| | | *B.napus* | v | | | | | | FAL,Braunschweig,FRG |
| | | All Cruciferae crops | | | | | East Asian | | NIAR, Tsukuba, Japan |
| | Okra | | v | | | | | | NPGG, USA |
| | Tomato | | v | | | | | | CATIE, Turrialba, Costa Rica |
| | | | v | | | | | | ZIGuk, Gatersleben, GDR |
| | | | v | | | | | | NPGS, USA |
| | | | | | | v | | | IPB, Los Banos, Philippines |
| | Southeast Asian vegetables | | | | | | v | | IPB, Los Banos, Philippines |
| | *Cucurbit-aceae* | *Benincasa,*Luffa | | | | | | | |
| | | *Monordica,* | | | | | | | |
| | | *Trichosanthes* | v | | | | | | IPB, Los Banos, Philippines |
| | | *Cucumis,Citrullus,* | | | | | | | |
| | | *Cucurbita* | v | | | | | | NPGS, USA |
| | | *Cucumis,* | | | | | | | |
| | | *Citrullus* | v | | | | | | INIA, Madrid, Spain |
| | Eggplant | | v | | | | | | CGN,Wageningen,Netherlands |
| | | | v | | | | | | NPGS, USA |
| Indus-trial Crops | Beet | | v | | | | | | FAL, Braunschweig, FRG |
| | | | v | | | | | | NGB, Lund, Sweden |
| | | | | | | | Mediterranean | | Greek Gene Bank,Thessaloniki |
| | Cotton | | | | | | Mediterranean | | Greek Gene Bank,Thessaloniki |
| | Sugarcane(seed) | | v | | | | | | NIAR,Tsukuba,Japan |
| | | | v | | | | | | NPGS,USA |
| | Tobacco | | | | | | Mediterranean | | Greek Bene Bank,Thessaloniki |
| Forages | Legumes | *Centrosema* | v | | | | | | CIAT |
| | | | v | | | | | | CENARGEN, Brazil |
| | | *Desmodium* | v | | | | CIAT | | |
| | | | v | | | | | | CSIRO,Brisbane,Australia |
| | | *Desmanthus* | v | | | | | | CSIRO, Brisbane, Australia |
| | | *Stylosanthes* | v | | | | | | CIAT |
| | | | v | | | | | | CSIRO, Brisbane, Australia |
| | | *Leucaena* | v | | | | | | NPGS, USA |
| | | *Lotononis* | v | | | | | | ILCA |
| | | | v | | | | | | Seed Bank, RBG, Kew UK |
| | | *Macroptilium* | v | | | | | | CENARGEN, Brazil |
| | | | v | | | | | | CSIRO, Brisbane, Australia |
| | | *Neonotonia* | | | v | | | | ILCA |
| | | | | | | | | | Seed Bank, RBG, Kew, UK |

| Crop | Species covered | Scope of collection | | | | | | Institute |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Glo-bal | Eur-opean | Afri-can | Asi-an | Regi-onal | New World | |
| | *Zornia* | v | | | | | | NPGS, USA |
| | | | | | | | | CIAT, Colombia |
| | *Trifolium* | | | v | | | | ILCA |
| | | v | | | | | | Seed Bank, RBG, Kew, UK |
| | Grasses *Cynodon* | v | | | | | | NPGS, USA |
| | *Cenchrus* | v | | | | | | Seed Bank, RBG, Kew, UK |
| | | | | | | | | ILCA |
| | | | | | | | | CSIRO, Brisbane, Australia |
| | *Dioitaria* | v | | | | | | ILCA |
| | | | | | | | | CSIRO, Brisbane, Australia |
| | | | | | | | | Seed Bank, RBG, Kew UK |
| | *Pennisetum* | v | | | | | | NPGS, USA |
| | *Paspoalum* | v | | | | | | NPGS, USA |
| | *Urochloa* | v | | | | | | CSIRO, Brisbane, Australia |
| Others | Tree spp. | | | | | | (Fuel and environmental stabilization in arid areas) | Seed Bank, RBG, Kew, UK |

由於田間收集來的種子品質及數量通常不足，所以繁殖往往是種源保存的第一步工作，而當長期貯藏的種子活力或中期貯存的種子數量降到設定之標準時，也要進行繁殖工作，而更新的工作主要目的在保持原來的一切遺傳物質，Frankel在1981年曾建議至少種植100株逢機選出的植株。

## 調查與評估

調查是記錄植物的可遺傳，在不同環境下都很穩定，且很容易以肉眼觀察區別的特性，這通常是指生態特性，因此調查工作並不困難，但卻得對所收集的每個品種都做；由於這是一樁既乏味又耗時、費錢的例行工作，因此也是種源保存工作中最容易被忽視的，但所收集品種的利用也因此受到阻礙。

調查能提供許多有用的資料，確定我們所收集東西的特點，在一大堆不同的性狀中可以用來做分類依據，以劃分出小群，確認重複的品種，找出收集各種變異的遺漏處，以便做進一步收集時的參考等。一個沒有詳盡調查資料的種源庫只能像個博物館似的，能保存品種，但無法充分利用。

評估工作是更進一層的篩選工作，經由受專業訓練的人員及科學家去確認其中對於生物或非生物性生存壓力的抗力，包括了虫害、病害、鳥害、不同的土壤反應，惡劣的環境如淹水、乾旱、鹽分等，而食物營養價值也是評估對象之一。可以說評估工作是針對一些特別的性狀，要一項

項的由各別的專業人員來執行，且通常得在一般性篩選工作之前完成，也就是說這又是極費時費錢的工作。

由國際植物遺傳資源委員會所出版的作物描述手冊，提供了很好的描述與標準，每個作物的描述手冊均由三部分組成：來源資料、調查資料及評估資料。來源資料中較重要的如品種名稱、辨認號碼、來源或產地特點等，而調查與評估已如上所述。到目前爲止，國際植物遺傳資源委員會已出版的作物描述手冊共有四十種。(見表四)

表四、國際植物遺傳資源委員會已出版的作物描述手冊一覽（到1988年）

Almond Descriptors (Revised)
Apple Descriptors
Apricot Descriptors
Bambara Groundnut Descriptors
*Brassica campestris* L. Descriptors
Cashew Descriptors
Cherry Descriptors
Chickpea Descriptors
Citrus Descriptors
Cotton Descriptors
Cowpea Descriptors
*Echinochloa* Millet Descriptors
Eggplant Descriptors
Faba Bean Descriptors
Finger Millet Descriptors
Forage Grass Descriptors
Forage Legumes Descriptors
Grape Descriptors
Groundnut Descriptors (Revised)
Kodo Millet Descriptors
Lentil Descriptors
Maize Descriptors
Mango Descriptors
Oat Descriptors
*Panicum millaceum* and *P. sumatrense* Descriptors
*Phaseolus acutifolius* Descriptors
Papaya Descriptors
Peach Descriptors
Pearl Millet Descriptors
Plum Descriptors
Potato Variety Descriptors
Rice (Descriptors for Rice *Oryze satova* L.)
Rye and Triticale Descriptors
*Setaria italica* and *S. pumila* Descriptors
Sorghum Descriptors (Revised)
Soyabean Descriptors
Sunflower Descriptors
*Viona aconitifolia* and *V. trilobata* Descriptors
*Vigna mungo* and *V. radiata*, Descriptors for (Revised)
Wheat, Descriptors for (Revised)

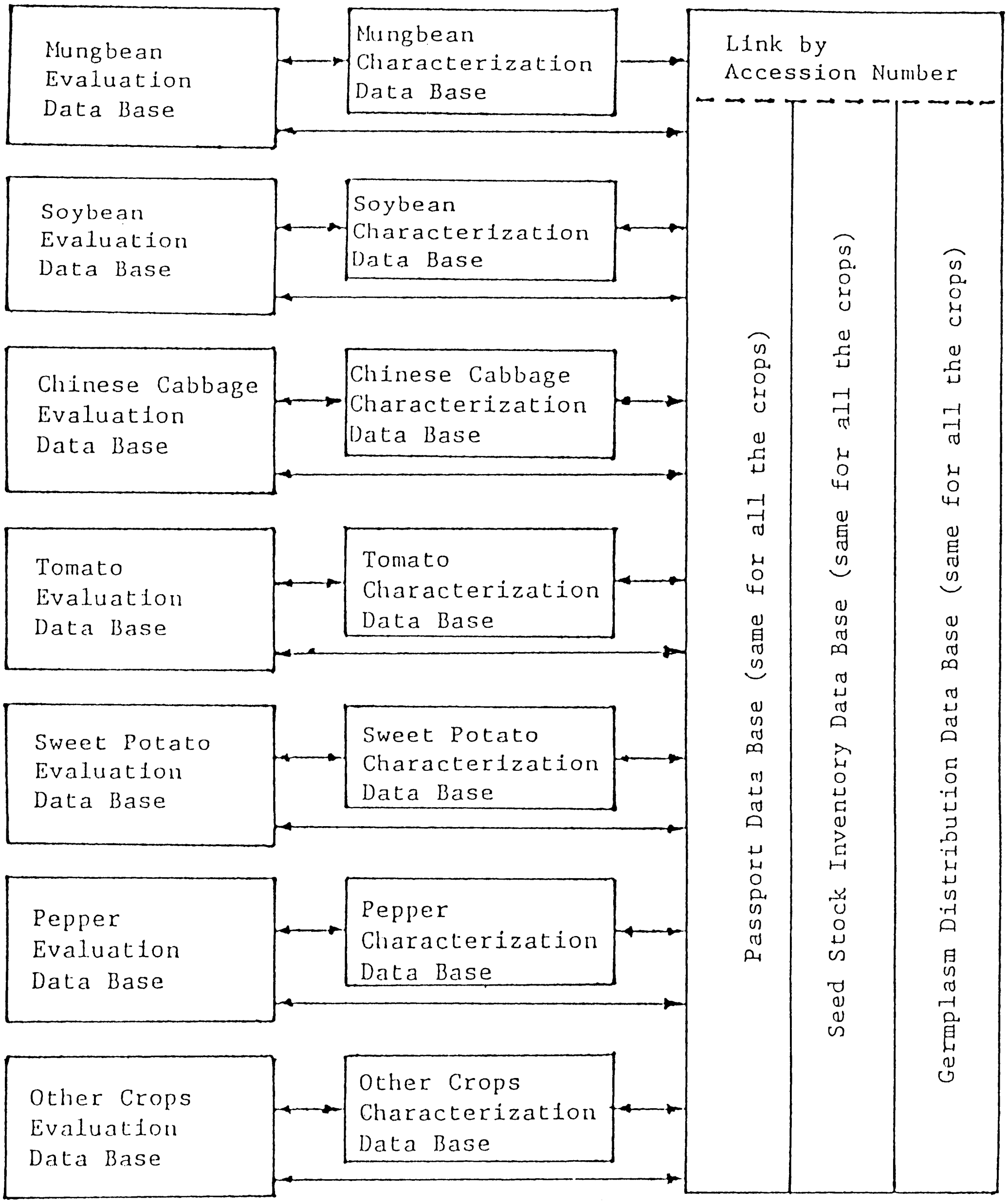
## 建　檔

種源庫的收藏到分贈是一套很複雜的程序，有一些相當大數目的資料要保存起來做爲參考，一個種源庫的運作是很昂貴的，而其投資也是長期性的，因此一套高效能電腦化資料管理系統，在種子處理及尋找品種上可以節省許多人力，而這套系統必須涵蓋樣品的資料如來源、調查與評估等，以及種子處理的資料如存放及分送等資料，種子處理資料可以提供種源庫管理上一個能隨時核對種子庫存量、種子活力、需繁殖品種以及種子分送等資料，一個有效率的管理系統可容許工作人員有更多的時間來維持種源的完整，也能有更多的時間投注在調查及評估上。

一個資訊系統的有沒有用，端在其對於複雜要求下找尋資料的效率，這套系統應能接受所有與種源有關的資料，目前有各種不同的電腦軟體及硬體已很成功的在管理種源庫的資料，以亞蔬

中心爲例，MINISIS 軟體用在HP3000迷你電腦上是目前使用的系統，而資料的基礎，架構設計是在於能在MINISIS 的工作條件下，同時管理許多不同種作物的資料。來源、庫存及送出的資料在各作物上都是一樣，因此我們將這些放在同一個資料庫中，然而調查與評估卻是有其獨特性（每一作物各有其不同的描述項目）。所以這方面的資料，就是各個作物自成一資料庫，圖四顯示了亞蔬中心種源庫的各電腦資料庫的相互關係，在亞蔬中心共有16部終端機可同時在資料庫中尋找所需資訊。

圖四、亞蔬中心種源庫，電腦化資料系統架構(所有的相互連接均以作物在亞蔬中心的登錄號碼 accession number 爲依據)



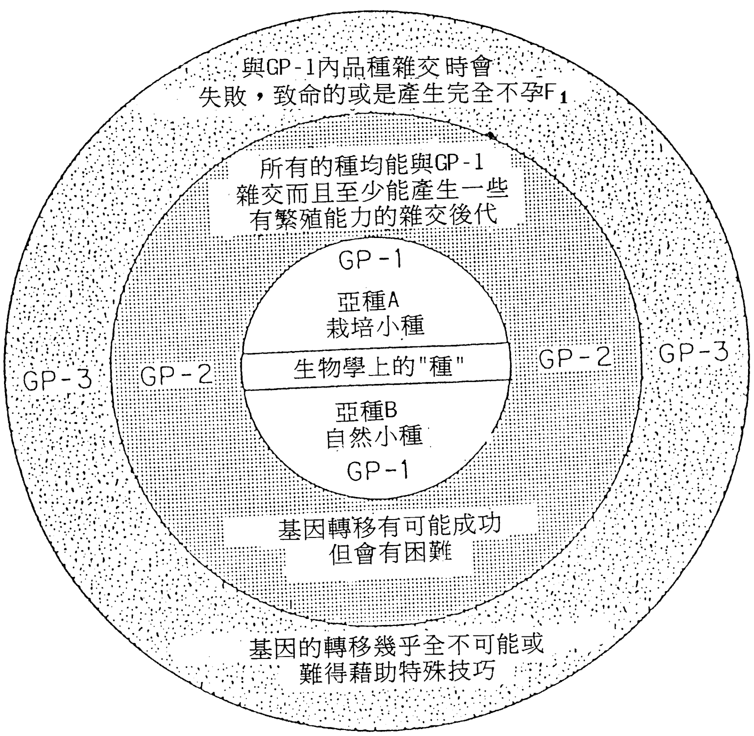
輸入資料的準備工作也是十分要緊的；國際植物遺傳資源委員會已經對於作物的各項資料有個標準化的制度，一些易懂、易用的資料表格，對於輸入及核對資料將可大大的節省人力。

## 種源的利用

種源保存的最終目的就是能用來改良作物，如以上所述，各種的評估能增進使用種源的效率，對一個作物之基因庫的分級及演化研究可以幫助我們了解作物不同的族群、生態形、亞種、栽培種群以及種在基因庫中的相互關係，進而能了解其血緣與雜交能力。

Harlan 與 de Wet 將作物的基因庫概分爲三級，原級 (GP-1)、第二級(GP-2)、以及第三級(GP-3) 基因庫，由於使用的觀點不同，所以這種分級與分類學可能不盡相符。 有些野生種可能部分在GP-1，部分在GP-2另有在 GP-3的，但 GP-1包含了作物所有的地方性品種，如玉米的GP-1中包含了*Zea may*的品種及其野生近緣種 *Z. mexicana* 以及 *Z. diploperemis*；GP-2則包含了野生的 *Z. perennis*與 *Z. Tripsacum*；而 GP-3 則包含了其他更多的野生種。

圖五、 Harlan 與 de Wet 所提出的作物基因庫分級示意圖




原始基因庫涵蓋了作物中很容易彼此雜交，並產生後代的遺傳物質，亦即基因的轉移毫無問題，一般的育種也是在此階段進行，把一些基因設法轉移到我們要的品種內，可是當我們所要的基因在GP-1中找不到時就得考慮使用GP-2，而GP-1與GP-2之間的雜交是可能的，但常常產生不孕的後代，但也許會有具繁殖能力的後代產生，亦即是基因的轉移雖有困難仍屬可能，而GP-3也可能和GP-1雜交，但其後代全然不孕，因此基因的轉移就需要用上特殊技巧了，只有在GP-1與GP-2

都找不到所要基因時才會使用 GP-3。

在實際的育種工作上，育種家們都比較興趣於遺傳性質的立刻改善，並能馬上發表新品種。因此大家也都喜歡使用血緣較近的品種以達此目的。不過萬一野生種必須被使用時，或者得使用種間雜交來得到所要的基因，那麼對於目標種之間血緣關係的了解(基於基因庫分級)可以使雜交計畫找到最佳的途徑。有鑒於此，演化及雜交前的研究，將會成爲種源研究中心的一大課題。

## 未來之展望

過去二十年來，植物遺傳資源保存工作的進展與完全，已造成了世界性的對於保存人類共有財產之覺醒。國際植物遺傳資源委員會在收集、保存、調查、評估、資料管理、人員訓練及種源利用上所做的工作，促進了已開發及開發中國家在種源上的工作。但是以我們的經驗，尤其是在開發中國家可以看到這是一樁花費龐大卻又不能立即見到收獲的工作，爲了讓保存種源工作持續前進、必須繼續投入資金。而機構之間的合作關係在『全球種源庫工作網』的推動下，可謂成功。

生物科技的進展將來可能對種源保存工作有革命性的影響，如組織培養與細胞培養技術已增進了大批無病毒種源的繁殖與交流，而花粉、花藥等培養則成了育種利器，對於遠緣的雜交胚培養與雄不稔使之成爲可能，其他尙有微注射在引入染色體及核基因上有了突破。最令人振奮的是分子遺傳學上的基因轉移技術，可以把一特定基因引入另一個體中並使之充分表現，在毫無關係的種間也能進行轉移，如此未來可能整個遺傳物質的保存內容會完全改變。

同時 RFLP 技術在辨認重複品種及建立親緣演化工作上也有相當的助益，此方法的重點在於比較 DNA 本身，而不是比較其衍生物。 而超低溫冷凍保存種子與人工培養組織也正在繼續發展，而這也許能立即解決產生『非尋常』種子植物的遺傳資源保存工作的問題。

## 參 考 文 獻

Consultative Group on International Agricultural Research. 1982. Report on the Consultative Group and the international agricultural research it supports. CGIAR Secretariat, Washington D. C.

Darlington, C. D. and Janaki Ammal, E.K. 1945. Chromosome Atlas of Cultivated Plant. Allen and Unwin, London.

Frankel, O. H. 1981. General principles of germplasm regeneration. In report of the FAO/UNEP/IBPGR International Conference on Crop Genetic Resources. FAO, Rome.

Harlan, J. R. 1951. Anatomy of gene centres. American Naturalist, 85:97-103.

Harlan, J. R. 1971. Agricultural origins: centers and non-centers. Science, 174:468-474.

Harlan, J. R. and De Wet, J. M. J. 1971. Toward a rational classification of cultivated plants. Taxon, 20:509-517.

Hawkes, J. G. 1980. Crop genetic resources field collection manuual. IBPGR/EUCARPIA, 37pp.

Hawkes, J,G. 1983.The diversity of crop plants. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts and London.

International Board for Plant Genetic Resources. 1986. IBPGR programme structure, IBPGR, Rome.

International Board for Plant Genetic Resources. 1988. Annual report. IBPGR, Rome.

International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. 1980. World conservation strategy. Switzerland.

Marshall, D.R. and Brown, A. H. D. 1975. Optimum sampling strategies in genetic conservation. In crop genetic resources for today and tomorrow, Frankel, O. H. and Hawkes. J. G. (Eds). Cambridge University Press, Cambridge.

Mooney, P. R. 1983. The law of the seed. Development Dialogue, 1-2, 6-173.

Murdock, G. P. 1959. Staple subsistence crops of Africa. Geographical Review, 50:521-40.

Porteres, R. 1950. Vieilles agricultures de L'Afrique intertropical. Agronomie Tropicale, 5:489-507.

Simmonds, N. W. (ed) 1976. Evolution of crop plants. Longman, London and New York.

Tay, C. S. 1989. Information management system at AVRDC genebank. The 6th International Congress of the Society for the Advancement of Breeding Researches in Asia and Oceania (SABRAO), Tsukuba, Japan, 21-25 August 1989.

Vavilov, N. I.1926. Studies on the origins of cultivated plants. Bulletin of Applied Botany and Plant breeding, 16:1-245.

Vavilov, N. I. 1951. The origin variation, immunity and breeding of cultivated plants. Chronica Botanica, 13:1-366.

Zhukovsky, P. M. 1968. New centres of origin and new gene centres of cultivated plants including specifically endemic microcentres of species closely allied to cultivated species. Botanicheskii Zhurnal, 53:430-60, Plant Breeding Abstracts, 38, (36).

Zohary, D. 1970. Centers of diversity and centres of origin. In Genetic Resources in Plants - Their Exploration and Conservation, Frankel, O. H. and Bennett, E.(eds). IBP Handbook, No. 11. Blackwell Scietnific Publications, Oxford and Edinburgh.